

PAT-NO: JP409218038A
DOCUMENT- JP 09218038 A
IDENTIFIER:
TITLE: METHOD FOR POSITIONING HIGHLY ACCURATE SURVEY
CONTROL MARK UTILIZING SATELLITE

PUBN-DATE: August 19, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TIMO, ALISON	
MARK, NICOLAUS	
JIM, SODEN	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TRIMBLE NAVIGATION LTD	N/A

APPL-NO: JP06060263

APPL-DATE: March 4, 1994

INT-CL (IPC): G01C015/00 , G01C015/06 , G01S005/02 , G01S005/14

ABSTRACT:

PURPOSE: To identify a surveying place corresponding to a new mark represented by predetermined positional coordinates accurately by measuring the position of a predetermined mark for survey or construction work utilizing more than one signal receiver of satellite positioning system (SPS), e.g. GPS.

CONSTITUTION: Utilizing SPS, e.g. GPS, having more than one SPS receiver/ processor, signals are received from more than three SPS signal satellites and analyzed. An SPS signal reference receiver/processor and an antenna are installed at a known fixed coordinate position. The SPS signal reference receiver/processor and antenna receive the positional coordinates of a reference receiver

and determines the positional coordinates of a mobile receiver with respect to the reference receiver through the use of SPS differential positioning. The SPS signal reference receiver/processor and antenna are then shifted to a predetermined survey mark or survey place and the survey mark is positioned or a new survey place is identified based on the predetermined positional coordinates of mobile receiver/processor.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-218038

(43) 公開日 平成9年(1997)8月19日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 C	15/00		G 0 1 C 15/00	A
	15/06		15/06	Z
G 0 1 S	5/02		G 0 1 S 5/02	Z
	5/14		5/14	

審査請求 有 請求項の数14 F D (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願平6-60263	(71) 出願人	594054977 トリンプル ナビゲーション リミテッド アメリカ合衆国、94088 カリフォルニア サニーベイル ノース メリー アベニ ュー 645
(22) 出願日	平成6年(1994)3月4日	(72) 発明者	ティモ、アリソン アメリカ合衆国、94086 カリフォルニア サニーベイル ノース メリー アベニ ュー 645、トリンプル ナビゲーション リミテッド内
		(74) 代理人	弁理士 渡邊 敏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 衛星利用による高精度測量制御標識の測位方法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 地表上または地表付近において、所定の測量または工事用標識の位置を正確に測定し、所定の位置座標で表される新しい標識に対応する測量場所を正確に識別する。

【構成】 少なくとも二つのSPS受信機/プロセッサを有するGPSまたはGLONASSのような衛星測位システム (SPS) を利用して4個以上のSPS信号衛星からのSPS信号を受信し、分析する。固定の既知座標位置または経時的に既知の位置にSPS信号基準受信機/プロセッサ及びアンテナを設置する。SPS信号移動受信機/プロセッサ及びアンテナが基準受信機の位置座標を受信して基準受信機に対する移動受信機の位置座標を求め、個のためSPS差分測位を利用する。移動受信機/プロセッサ及びアンテナを所定の測量標識または測量場所へ移動させることにより、移動受信機/プロセッサの所定位置座標に基づいて前記測量標識を測位するかまたは新しい測量場所を識別する。

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 地表上または地表付近に所定の位置座標で表される単数または複数の固定測量場所の物理的位置を正確に測位する方法において第一衛星測位システム（SPS）信号アンテナ及び受信機／プロセッサを設け、位置座標が既知の場所に第一SPSアンテナを配置し第二SPS信号アンテナ及び受信機／プロセッサを設け第二SPS信号受信機／プロセッサに第一SPS信号アンテナの位置座標及び固定測量場所の位置座標を供給し両端及び所定の長さLを有し、その全長に沿って所定の距離がマークされている測桿を設け第一SPSアンテナに対する第二SPSアンテナの位置をリアルタイムで差分測位し、所定の位置座標で表される位置に第二SPSアンテナを配置することによって所定の位置座標で表される固定測量場所の物理的な位置を測位し第二SPSアンテナが固定測量場所から距離 $d \leq L$ の範囲内にあることを第二SPS受信機／プロセッサが指示したら、測桿を所定方向に配向し、測桿の端部からほぼ距離dの位置で固定測量場所を測位するステップから成ることを特徴とする方法。

【請求項2】 前記測桿に前記測桿を前記所定方向に配向するための方向指示装置を設けるステップをも含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】 前記第一SPSアンテナの前記位置座標を供給する前記ステップが前記第一SPS受信機／プロセッサから前記第二SPS受信機／プロセッサへデータ圧縮フォーマットを利用して前記所定のSPS衛星測定値を伝送するステップであることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項4】 前記第一アンテナから前記第二SPSアンテナへの無線伝送路を形成するためM個の無線レピータ $m=1, \dots, M$ ($M \leq 1$)を配列することにより、前記第一SPSアンテナと一番目の無線レピータとの間、各無線レピータとその次の順番の無線レピータとの間、及び最終順番の無線レピータと前記第二SPSアンテナとの間にそれぞれ無線通信を確保するステップをも含むことを特徴とする請求項3に記載の方法。

【請求項5】 地表上または地表付近に所定の位置座標で表される単数または複数の固定測量場所の物理的位置を正確に測定する方法において、第一衛星測位システム（SPS）信号アンテナ及び受信機／プロセッサを設け、位置座標が既知の場所に第一SPSアンテナを配置し第二SPS信号アンテナ及び受信機／プロセッサに第一SPS信号アンテナの位置座標及び固定場所の位置座標を供給し両端及び所定の長さLを有し、その全長に沿って所定の距離がマークされている測桿を設け第一SPSアンテナに対する第二SPSアンテナの位置をリアルタイムで差分測位し、所定の位置座標で表される位置に第二SPSアンテナを配置することによって所定の位置座標で表される固定測量場所の物理

2

的な位置を測定し第一SPSアンテナに対する第二SPSアンテナの前記位置または位置座標または距離及び方位を可視表示する第二SPS受信機／プロセッサが所要の位置から所定の距離以内にあると判定されたら図形表示ユーザインターフェースの可視表示の目盛りを拡大するステップから成ることを特徴とする方法。

【請求項6】 地表上または地表付近に所定の位置座標で表される単数または複数の固定測量場所の物理的位置を正確に測位する方法において、

- 10 第一衛星測位システム（SPS）信号アンテナ及び受信機／プロセッサを設け、位置座標が既知の場所に第一SPSアンテナを配置し第二SPS信号アンテナ及び受信機／プロセッサを設け第二信号受信機／プロセッサに第一SPS信号アンテナの位置座標及び固定測量場所の位置座標を供給し両端及び所定の長さLを有し、その全長に沿って所定の距離がマークされている測桿を設け第一SPSアンテナに対する第二SPSアンテナの位置をリアルタイムで差分測位し、所定の位置座標で表される位置に第二SPSアンテナを配置することによって所定の位置座標で表される固定測量場所の物理的な位置を測定し 第一SPSアンテナに対する第二SPSアンテナの位置または位置座標、または距離及び方位を音声通信によって指示する音声指示ユーザインターフェースを設けるステップから成ることを特徴とする方法。
- 20 【請求項7】 地表上または地表付近に所定の位置座標で表される単数または複数の固定測量場所の物理的位置を正確に測位する方法において、

- 30 第一衛星測位システム（SPS）信号アンテナ及び受信機／プロセッサを設け、位置座標が既知の場所に第一SPSアンテナを配置し第二SPS信号受信機／プロセッサに第一SPS信号アンテナの位置座標及び固定測量場所の位置座標を供給し両端及び所定の長さLを有し、その全長に向かって所定の距離がマークされている測桿を設け第一SPSアンテナに対する第二SPSアンテナの位置をリアルタイムで差分測位し、所定の位置座標で表される新しい測量場所またはその付近に第二SPSアンテナを配置することによって前記所定の一手法で表される前記新しい測量場所の物理的な位置を測定し前記第二SPSアンテナが前記所定の作法で表される前記新しい測量場所から距離 $d \leq L$ 以内にあることを前記第二SPS受信機／プロセッサが指示したら、測桿を所定方向に配向し、測桿の端部からほぼ距離dの位置で前記新しい測量場所を測位するステップから成ることを特徴とする方法。

【請求項8】 前記測桿に前記測桿を前記所定方向に配向するための方向指示装置を設けるステップをも含むことを特徴とする請求項7に記載の方法。

- 50 【請求項9】 前記第一SPSアンテナの前記位置座標を供給する前記ステップが前記第一SPS受信機／プロセッサから前記第二SPS受信機／プロセッサへデータ

圧縮フォーマットを利用して前記所定のSPS衛星測定値を伝送するステップであることを特徴とする請求項7に記載の方法。

【請求項10】 前記第一SPSアンテナから前記第二SPSアンテナへの無線伝送路を形成するためM個の無線レピータ $m=1, \dots, M$ ($M \geq 1$)を配列することにより、前記第一SPSアンテナと一番目の無線レピータとの間、各無線レピータとその次の順番の無線レピータとの間、及び最終順番の無線レピータと前記第二SPSアンテナとの間にそれぞれ無線通信を確保するステップをも含むことを特徴とする請求項9に記載の方法。

【請求項11】 前記新しい測量場所に対する前記第二SPSアンテナの前記位置、または位置座標または距離及び方位を可視表示する前記第二SPS受信機/プロセッサ用図形表示ユーザーインターフェースを設けるステップをも含むことを特徴とする請求項7に記載の方法。

【請求項12】 前記第二SPSアンテナが前記所定の座標で表される前記新しい測量場所から所定距離以内であると判定されると前記図形表示ユーザーインターフェースの前記可視表示の目盛を拡大するステップをも含むことを特徴とする請求項11に記載の方法。

【請求項13】 前記第一SPSアンテナに対する前記第二SPS案手他の前記位置、または、位置座標、または距離及び方位を可視表示する前記第二SPS受信機/プロセッサ用図形表示ユーザーインターフェースを設けるステップをも含むことを特徴とする請求項7に記載の方法。

【請求項14】 前記新しい測量場所に対する前記第二SPSアンテナの前記位置、または位置座標、または距離及び方位を音声通信によって指示する前記第二SPS受信機/プロセッサ用音声指示ユーザーインターフェースを設けるステップをも含むことを特徴とする請求項7に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はデータベース中の所定の位置に対応する地表上または地表下の既存標識位置の正確な測位及び新しい標識位置の形成に係わり、具体的には測量及び建設用の位置標識の測位及び形成を目的とする衛星通信の利用に係わる。

【0002】

【従来の技術】測量及び建設活動には、新しい標識を配置し、または既に設定された標識を測位するための距離及び/または角度の測定が必然的に伴う。このような測定を行なう公知の方法の一つとして、トランシットと測標、セオドライト、または光波測距儀(EDM)を使用する方法がある。この方法では通常2名のオペレータ、例えば、トランシットを操作するオペレータ及び測標を持つオペレータによって扱い難い設備を使用しなければ

ならない。もし測定が逐次的に行なわれるなら、1回の距離または角度測定誤差が以後の測定に順次繰り込まれることが多い。この分野の研究者は測量のためにトランシットと測標、セオドライトまたはEDMに依存しない他のアプローチを開発した。

【0003】デジタル位相計を利用する測地システムがジャフの米国特許第3,522,992号に開示されている。この装置は周波数の異なる2本のレーザービームを組合せ、変調し、送信し、受信機における対応位相差を測定することによって送信機と受信機の距離とその変化を測定する。変調された複合光線をダイクロイックミラーによって分割し、2つの周波数成分(変調)信号のそれぞれの位相及び強さを分析することによって初期または基準変調波形を求める。基準波形を次に受信される同じ信号周波数の波形と比較することによって送受信機間光学距離または介在する伝送媒質の屈折率に現れる変化を測定する。この装置は視軸に沿って2本以上のレーザービームの伝達を必要とし、1名のオペレータが保持または運搬できるとは考えられない。

20 【0004】ダビッドソン等の米国特許第4,225,226号は例えば種蒔きのような特殊な目的でフィールドまたは領域の上空を特定パターンで飛行する航空機などを誘導するための回転レーザービーム送/受光機利用を開始している。航空機に搭載されている回転レーザービーム送/受光機は互いに既知の場所に配置された地上の一連の反射器で反射する光線を発射する。地上の反射器で反射したリターン信号に基づき、航空機はその現在位置を知り、これらの反射器に対して規定されたパターンで飛行することができる。航空機がその作業を開始する前に前記パターンを知り、入力しなければならないと

30 考えられる。同様のアプローチは航空機から発射され、航空機の飛行領域を囲む互いに離れた場所に配置された3つのトランスポンダによって受信され、返送されるレーダー信号を利用するダノの米国特許第4,398,195号に開示されている。航空機は返送レーダー信号を受信し、分析するレーダー三辺測量受信機を搭載している。

40 【0005】トラクターのような地上作業車のための先導システムがラズレ等の米国特許第4,244,123号に開示されている。回転レーザービーム光源のような信号送信機を作業フィールド内に配置し、車輛上の長手方向に互いに離れた固定場所に2つの受信機を配置することによって車両の走行に伴う2つの水平方向変化を識別する。2つの受信機における受信信号の位相に基づいて受信機は車輛の現在位置及び方位を測定し、報告する。地上作業車のために回転レーザービームが基準平面を画定する同様のアプローチがゴエットの米国特許第4,677,555号に開示されている。地中に固定された数個のビーコンによって画定され、車輛がたどるべきパターン(方位、標高)を指示する基準点が設定され

5

る。車輛に搭載されたマイクロコンピュータが車輛がたどるパターンをモニターする。

【0006】ハルサー等の特許第4,309,758号は搭載している3個の全方向光センサによって誘導される無人地上車輛を開示している。車輛から離れた位置に少なくとも2個の互いに距離を保つ光源を設け、2個の光源からの光を各光センサが受光するように構成しなければならない。車輛の方位及び位置を共通の光源からそれぞれの光センサに達する光の信号位相差に基づいて求めるらしい。

【0007】ステフェンズの特許第4,647,784号は単数または複数の地上車のための誘導及び制御システムを開示している。車輛から発射された光線を2個以上の反射器で反射させるのであるが、各反射器は（例えば、反射率の異なる縞のような）独自の光学コードを有し、光線を反射して車輛に搭載されている光センサに向けてリターンさせるように配向されている。各光線から生じたリターン光線を分析することによって車輛の現在方位を測定する。フィールド内の所定コースに沿って例えばトラクターのような地上車を自動操縦する方法がダイクの特許第4,700,301号に開示されている。回転レーザー光源及び指向性光センサ/プロセッサを車輛に搭載する一方、フィールドの境界またはその付近に2個以上の反射器を設置する。レーザービームは反射器で反射して車輛にむかってリターンし、センサ/プロセッサがこれを受光して車輛の現在位置及び方位を求める。あるいはフィールドの境界付近に2個のレーザー光源を設置し、この光源から発射されるレーザービームを車輛に搭載されている全方向光センサによって受光する。

【0008】特定領域内での地上車の2次元走行に回転レーザービームを利用する例がボルティンハウス等の特許第4,796,198号に開示されている。それぞれが独自の反射率を有する3個以上の反射器を領域の境界付近に設置してレーザービームを車輛にむかって反射させ、車輛に搭載されている光電池がこれを受光し、車輛の現在位置測定を可能にするビーム到来方位をも示す信号を発生させる。個々の反射器に応じて反射に特異性があるから、1回転ごとにレーザービームの角位置が指示される。

【0009】クレッグの特許第4,807,131号は勾配緩和すべき領域を所要の形状に整地するため切削刃の位置が自動制御される自動整地システムを開示している。所定のパターンで領域にレーザービームを投射し、整地機に搭載されているレーザーセンサがこのビームを受光し、切削刃の場所と、その場所を勾配緩和するのに適した刃の角度及び深さを近似測定する。所要の刃の角度及び深さを整地機に搭載されたマイクロプロセッサが記憶し、これを実際の刃の角度及び深さと比較することによって刃の方向及び高さを修正する。

6

【0010】オルセン等は米国特許第4,814,711号において、汎地球側位システム（グローバルポジショニングシステム）GPS基準測点及び単数または複数のデータ捕捉車輛を利用して測地信号を収集し、処理する測量装置を開示している。各車輛は測地機械、GPS信号受信機、現在位置を算出するためのプロセッサ、現在位置の可視表示装置、及び位置情報を基準測点へ伝送するための無線通信装置を搭載している。基準測点は各車輛がたどるべき所定の測量コースに関して各車輛の現在位置を周期的にボールし、算出する。基準測点は各車輛に指令を送信することによってこの車輛を所定のコース上に維持する。各車輛はまた算出した測地データを、相関分析及び基準測点における表示のため基準測点に送信する。この装置は各車輛を連続的に追跡し、制御し、各車輛のコースを所期のコースに基づいて修正しなければならない。しかも、所要の位置及びデータを求めるために携帯不可能な装置（車輛及びその搭載設備）を使用しなければならない。測定結果はすべて固設の基準測点へ伝送され、この基準測点によって分析されるが、測定値の精度は数メートル以内であると考えられる。

【0011】カウンセルマンの特許第4,870,422号及び第5,014,066号は地表上の2つの測量標識間のベースラインベクトルの長さを、各測標に配置されたGPS信号アンテナ、受信機及びプロセッサを利用して測定することにより（数メートル以内の誤差で）標識の位置を求める方法及び装置を開示している。位置データは各測量標識におけるGPS搬送波位相測定値に基づいて求められ、2つの標識間のベースラインベクトル長さを算出する分析のため基準測点へ送信される。このアプローチは2つの互いに離れた測量標識と基準測点を利用しなければならない。標識位置の誤差を1センチメートル以下に縮小するためには5個以上のGPS衛星からのGPS信号を使用すると共に、測量タイムインターバルを $\Delta t > 5000$ 秒としなければならない。

【0012】パラミティオティ等の特許第4,873,449号は三角測量及び三角形の周辺に沿って伝播するレーザービームを利用して3次元測量を行なう方法及び装置を開示している。回転ミラー、被測界の構成部分及び光感カメラを三角形の3つの頂点に配置し、回転ミラー及びカメラの方位角を知ることによって被測界構成部分の位置を確定することができる。ここでは、被測界に配置された1つの測点を含む3つの互いに離れた測点と視軸受光が必要である。

【0013】海底の一部をマッピングする方法及び装置がゲールの特許第4,924,448号に開示されている。それぞれが同じGPS信号アンテナ、受信機及びプロセッサを装備した2隻の船が2本の平行なルートに沿って海面を一定距離走行する。それぞれの船がその真下の海底の限られた領域を無線測深し、他方の船から

発信され、同じ領域で反射した音波を受信する。2つの音波波形のそれぞれとGPSに基づいて確定された2隻の船の位置とによってそれぞれの船の真下の領域の水深を求め、比較することによって校正を行なう。

【0014】エバンズ等の米国特許第4,954,833号には、GPS信号と局地的な重力方向との組合せを利用して所定の固定目標または場所の位置を測定する方法が開示されている。GPS信号を利用して地表方位を測定し、局地座標系とは別の固定座標系と局地重力ベクトルを利用してこの位置を天文方位と関連させる。局地的な地表方位を測定するため、目標及び基準点のそれぞれにGPS信号アンテナ、受信機及びプロセッサを設ける。

【0015】GPSを利用した廃棄物の処理場の検証方法がリーサーの米国特許第4,973,970号に開示されている。GPS基準測点を処理場に設定し、それぞれを汚染レベルモニターと組合せた複数のGPS移動受信機を利用してコアサンプリング場所の位置を測定する。廃棄物中で実験コアを作成して採取し、汚染レベルを検査する。GPSに基づいて得られたコア採取場所の位置を、汚染レベルの記録と危険物質の分析のため基準測点へ伝送される。

【0016】エバンズは米国特許第5,030,957号において地表上の場所のオーソメトリック高とジオメトリック高を同時に測定する方法を開示している。互いに既知の基線ベクトルだけ離れた固定位置に2本以上の水準測線を保持する。それぞれの測線はGPS信号アンテナ、受信機及び各測線のGPS位置を算出するプロセッサを保持する。GPSアンテナ（または測線と地表との交差点）のジオメトリック高を各測線について求め、（誤差が数メートル以内の）標準GPS測定値を利用してジオメトリック高低差を求める。各測線ごとのGPS測定位置と、局地的な地表形状に近似する楕円体またはジオイドを利用して各GPSアンテナごとにオーソメトリック高低差を求める。

【0017】必ずしも衛星の視軸に入らない地上の場所を測位するためにGPS測定値を利用する測量装置がインゲンサンドの米国特許第5,077,557号に開示されている。この装置は公知の光波または超音波測距儀及び局地磁界ベクトルセンサと組合せて測量者位置に配置したGPS信号アンテナ、受信機及びプロセッサを利用する。測距儀を利用して所定の標識までの距離を測定するが、標識には信号反射器を取付けてあり、測距儀からの信号をこの反射器で反射し、再び測距儀へ返送する。磁界ベクトルセンサは測量者の位置確定を助け、測量者位置から所定標識への傾斜角を測定するために使用されるものと考えられる。

【0018】セイジーの米国特許第5,099,245号はジオスター衛星システムを利用する航空機用衛星利用位置探知システムを開示している。既知位置に設置し

た3つ以上の地上基準測点が衛星から送信されるタイミング信号を受信する。基準測点はこの信号を識別タグと共に一定の遅延後、航空機にむかって再送信する。航空機は再送信された信号の到着時間を利用し、三角測量によって航空機の現在位置を求める。

【0019】3つ以上（好ましくは4つ）の固定基準測点及びポータブル信号センサを利用する空間位置測定システムがランドバークの米国特許第5,100,229号に開示されている。各基準測点は回転レーザー光源及び対応の回転レーザービームが照射の過程で所定の角度位置を通過することにトリガーされる電波または光波ストロボトランスミッタを含む。ポータブル信号センサは各ストロボトランスミッタから離れた任意の位置に配置される。センサが各基準測点からレーザービームまたはストロボパルスを受光すると、受光時間がセンサに接続しているコンピュータに入力され、コンピュータは三角測量によってセンサ位置を測定する。

【0020】ドルンブッシュ等は米国特許第5,110,202号において、それぞれが回転レーザービームを有する3つ以上の固定基準測点と、それぞれがレーザービームセンサ、コンピュータ及び可視表示部を有する単数または複数のポータブル可動測点を使用する3次測位及び測定システムの利用を開示している。各レーザービームがほぼ垂直な軸線を中心に1回転することにセンサにおいて電気パルスが発生し、このパルスがコンピュータによってタイムスタンプされる。基準測点のレーザーが同時回転するのに伴ってレーザーパルスが現れる時点を知ることでポータブル測点の位置を求めることができる。2つの固定基準測点のそれぞれに互いに反対方向に回転する2つのレーザービームを設ける実施態様も開示されている。

【0021】2個の静止衛星と1つの固定基準測点を利用する測位システムがトリヤマの米国特許第5,111,209号に開示されている。測位される可動車輛が2個の衛星のうちの1個を介して基準測点へ初期信号を送信し、基準測点は2個の衛星のそれぞれを介して可動車輛へリターン信号を伝送する。次いで車輛の位置が三角計量によって求められる。2個の衛星だけを利用して位置のアンビグイティをいかにして除くことができるのか明確に記述されていない。

【0022】デュデック等の米国特許第5,144,317号は固定GPS基準測点と4個以上のGPS衛星を利用することにより、例えば移動掘削機のバケットホイールのような所定の探鉱装置の位置及び空間配向を測定するなど露天掘鉱抗における作業をモニターする方法を開示している。装置の配向と移動量の測定を助けるため装置の一部に第2GPS受信機を配置する。

【0023】同一直線上に位置しない3つ以上のGPS基準測点及び第4GPS受信機を搭載する移動地上車を利用する測地システムがスプラッドレー等の米国特許第

5, 155, 490号に開示されている。各GPS基準測点の位置を長時間(10~12時間)に亘って先ず測定しなければならない。また、地上車はGPS受信機を搭載しており、4個以上のGPS衛星及び各基準測点からGPS信号を受信する。これらの信号から得られる車輛位置データをさらに処理することにより、過去のある時点における車輛の位置を確定する。

【0024】

【発明が解決しようとする課題】以上に述べたアプローチは単数または複数のレーザービームまたは同様の手段を利用する測定に依存し、扱い難い装置を利用し、視軸測定に依存し、2名以上のオペレータを使用し、その上または、多くの測量及び建設活動に必要な精度を達成できない。従って、必要なのは(1)標識位置に手で保持される装置を使用することを可能にし、(2)データベースでしか識別できなかった新しい標識のリアルタイム測位を可能にし、(3)実施のために2名以上のオペレータを必要とせず、(4)2つの測量装置部分間の視軸測定を必要とせず、(5)標識を測位、設定するため、それぞれ数センチメートル及び 1° 以下の誤差で測距及び測角を行なうことができ、(6)測定基準として単一基準測点の採用を可能にするアプローチである。

【0025】

【課題を解決するための手段】本発明は例えば汎地球測位システム(GPS)または汎地球衛星航法システム(GLONASS)のような衛星測位システム(SPS)の2つ以上の信号受信機を利用することにより、最少限のハードウェア(受信及び処理回路)で上記必要条件を満たす方法である。参考のためその内容を本願明細書にも引用したアリゾンの米国特許第5,148,179号に開示されているような、差分測位と呼ばれるSPS測位方法を利用することにより、測定を必要とする地表またはその付近に位置する複数の測量又は建設標識までの距離を測定し、測位する。

【0026】この方法では先ず十分な精度で座標がわかっている位置にSPS信号基準のアンテナ及び受信機と、無線送信機を配置する。基準受信機は固定受信機でもよいが、時間 t に応じた位置座標が既知の可動受信機であってもよい。次いで基準受信機位置に対するリアルタイムSPS差分測位を利用してSPS信号移動受信機を所定位置へ誘導することにより、SPS信号移動受信機をこの基準受信機から離れた単数又は複数の所定位置へ移動させる。所定位置は別の場所に配置されたコンピュータによって維持される。比較的大きいデータベースのサブセットとして移動受信機に含まれるデータベースに記入して置けばよい。データベースに記入されているそれぞれの所定位置に対応する物理的位置が地表またはその付近に存在する場合が考えられる。この場合、本発明はこれらの物理的標識の位置を、たとえ標識が不鮮明でもまたは埋没していても正確に測位することを可能に

する。基準受信機から移動受信機への視軸を維持する必要はない。対応する物理的標識が存在しなくても、例えば新しい道路や建造物の設計図のようなデータベースによって標識位置を画定することができる。

【0027】この場合、本発明は所与の位置座標に従って地表またはその付近の位置を確定し、新しい位置標識を形成することを可能にする。この物理的位置標識は木または金属の杭、または暫定的なチョークマーク、またはコンクリートに嵌め込んだ真鍮のモニュメントによって形成すればよい。

【0028】サテライトポジショニングシステム(SPS)とは地表または地表付近に配置し、観測者の現在位置及び/または観測時間の測定を可能にする情報を送信する衛星信号伝送システムである。いずれもSPSと呼ぶことができる2種類の実働システムとして汎地球測位システム(グローバルポジショニングシステム)と汎地球航法システム(グローバルオルビティングナビゲイショナルシステム)である。

【0029】グローバルポジショニングシステム(GPS)は米国国防省がそのナプスター衛星計画の下で開発した衛星による航法システムの一部である。完全なGPSは赤道に対して 55° の角度に傾斜し、互いに 60° の倍数に相当する経度だけ離れた6つの円形軌道上に4個ずつほぼ均等に分散させた最大限24個の衛星を含む。軌道は半径が26,560キロメートルのほぼ円形である。軌道は非静止軌道であり、その軌道タイムインターバルは0.5恒星日(11.967時間)、即ち、衛星はその下方に位置する地球とは相対的な時間で移動することになる。理論上は地表上のほとんどの地点からも3個以上のGPS衛星が見え、3個以上の衛星に対する視覚的アクセスを利用することによって1日24時に亘って地表上のいかなる観測者位置をも測定することができる。各衛星は衛星から伝送される信号のタイミング情報を提供するためのセシウム及びルビジウム原子時計を搭載している。各衛星の時計は衛星内部で修正される。

【0030】各GPS衛星は2つの π スペクトル L -帯域搬送波信号を送信する。即ち、周波数 $f_1=1575.42\text{MHz}$ の L_1 信号と周波数 $f_2=1227.6\text{MHz}$ の L_2 信号である。この2つの周波数は基本周波数 $f_0=1.023\text{MHz}$ の整数 $f_1=150.0f_0$ 及び $f_2=1200f_0$ である。各衛星からの L_1 信号は2つの直角位相擬似ランダムノイズ(PRN)コード、即ち、C/AコードとPコードによって2進デジタル位相変調(BPSK)される。各衛星からの L_2 信号はPコードだけによってBPSK変調される。PRNコードの性質については後述する。

【0031】2つの搬送波信号 L_1 及び L_2 を使用する動機はほぼ信号周波数 f の逆二乗の形で変化するこの信号の電離層伝播遅延(遅延 $\propto f^{-2}$)の部分的補償を可能

にすることにある。この現象は参考のため開示内容を本願明細書にも引用したマクドラーンの米国特許第4, 463, 357号に記載されている。

【0032】PRNコードを使用することにより、観測者位置を測定して航法情報を提供するために複数のGPS信号を利用することが可能になる。特定のGPS衛星から送信される信号はこの特定衛星に対応するPRNコードを形成し、突き合わせるか、または相関させることによって選択される。すべてのPRNコードは既知であり、地上の観測者が携帯するGPS衛星信号受信機において形成または記憶される。精度コードまたはP-コードとも呼ばれる各GPS衛星に対応の第1PRNコードは比較的長い微粒コードであり、そのクロックまたはチップレートは $10f_0 = 10.23\text{MHz}$ である。各GPS衛星に対応する第2PRNコードはクリア/捕捉コードまたはC/A-コードとも呼ばれ、迅速な衛星信号捕捉及びP-コードへのハンドオーバーを容易にするのがその目的であり、クロックまたはチップレートが $f_0 = 1.023\text{MHz}$ の比較的短い粗粒コードである。どのGPS衛星についてもC/A-コードの長さは1023チップであり、したがって、ミリ秒ごとに繰返えされる。全P-コードの長さは259日であり、各衛星は全P-コードの特定部分を伝送する。所与のGPS衛星のために使用されるP-コードの部分は正確に1週間(7000日)であり、1週間ごとにこのコード部分が繰返えされる。C/A-コード及びP-コードを形成する有効な方法は1984年9月26日にロックウェル国際ナショナルコーポレーションサテライトシステムディビジョンレディビジョンAによって刊行された文書"GPSインターフェースコントロールドキュメントICD-GPS-200"に記載されており、その内容は参考のため本願明細書にも引用した。

【0033】GPS衛星ビット流は送信GPS衛星の天文暦及びすべてのGPS衛星の暦に基づくナビゲーション情報のほかに、単一周波数受信機に適した電離層信号伝播遅延を修正すると共に衛星クロック時間と真正GPS時間とのずれを修正するパラメータを含む。ナビゲーション情報は50ボアの速度で伝送される。GPSと、衛星信号から位置情報を得る方法に関しては1986年にカナディアンGPSアソシエーツから刊行されたデビッドウェルズの"ガイドトゥGPSポジショニング"に有用な記述がある。

【0034】第2の汎地球測位構想は旧ソ連によって軌道に乗せられ、現在ロシア共和国によって保守されているグローバルオービティングナビゲーションサテライトシステム(GLONASS)である。GLONASSも3つの軌道面に8個ずつほぼ均等に配分された24個の衛星を使用する。各軌道面は赤道に対して公称で 64.8° の傾斜を有し、3つの軌道面は互いに 120° 経度の倍数だけ離れている。GLONASS円軌道

は半径が比較的小さい約25,510キロメートルであり、衛星の公転周期は8/17恒星日(11.26時間)である。

【0035】従って、GLONASS衛星とGPS衛星はそれぞれ8時間で地球の周りを17及び16回公転することになる。GLONASSシステムは周波数が $f_1 = (1.602 + 9K/16)\text{GHz}$ 及び $f_2 = (1.246 + 7K/16)\text{GHz}$ の2つの搬送波信号L1及びL2を使用する。ただし、Kはチャンネルまたは衛星の数である。これらの周波数は2つの帯域、即ち、 $1.597 - 1.617\text{GHz}$ (L1)及び $1.240 - 1.260\text{GHz}$ (L2)の範囲にそれぞれ含まれる。L1コードはC/A-コード(チップレート=0.511MHz)及びP-コード(チップレート=5.11MHz)によって変調される。GLONASS衛星も50ボアの速度でナビゲーション情報を伝送する。チャンネル周波数は互いに弁別できるから、各衛星ごとにP-コードは同じであり、C/A-コードも同じである。

【0036】ここで衛星測位システムまたはSPSという場合、グローバルポジショニングシステム及びグローバルオービティングナビゲーションシステムのほか、観測者の位置及び観測時間の測定を可能にする情報を提供し、本発明の必要条件を満たすすべての衛星システムを指す。

【0037】グローバルポジショニングシステム(GPS)やグローバルオービティングナビゲーションシステム(GLONASS)のような衛星測位システム(SPS)は複数の地球周回衛星からの上記構造を有するコード化無線信号伝送を利用する。このような信号を受信する単一の受動的受信機はSPSによって利用される地球を中心とし、地球に固定された基準座標系における受信機の絶対位置を確定することができる。受信機または測点間の相対位置を正確に測定するためには2つ以上の受信機を含む構成を採用すればよい。差分測位と呼ばれるこの方法は測点間距離が通常の場合がそうであるように測点から衛星までの距離に比較してはるかに短いなら絶対測位よりもはるかに精度が高い。差分測位を測量や建設作用に利用すれば、数センチメートルの誤差で位置座標及び距離が得られる。

【0038】差分位置測定においては、絶対測位の精度を損なうSPS誤差の多くは物理的に近接している測点では同様の大きさとなる。従って、差分測位の精度に及ぼすこの誤差の影響は誤差を部分的に相殺させる方法によって軽減される。

【0039】測量に際しては測点間の相対位置測定を必要とする場合が多い。測地は(1)衛星信号を受信する測点がすべて静止しており、静的測量と呼ばれる場合と、(2)単数または複数の測点がある測点に対して移動しており、動的測量と呼ばれる場合とに分類される。一定の衛星観測時間に測定できる測点相対位置が多いか

ら後者を採用することが多くなりつつある。

【0040】単数または複数の測点を基準測点として設定し、好ましくは既知位置に固定する（または、まれには時間に応じて既知の座標で移動させる）。移動受信機測点と呼ばれる単数または複数の他の測点も静止させても移動させてもよく、その位置は基準測点の現在位置に対して計算される。基準測点の近似絶対位置が必要である。あらかじめ測定されていなければPRNコード位相の測定値を利用する絶対位置測定法を利用してこの位置を計算することができる。

【0041】このような用途においては、衛星測定値を測点内に記録し、このデータを事後処理することによって両測点からのデータを組合せるのが従来の方式である。このアプローチでは受信機ユーザーが動き回るから移動受信機の位置をリアルタイムで測定することができない。このような制限があるから、地表上または地表の直ぐ下の既存の物理的な既知位置の測標をリアルタイムで正確に測位するのにデータを事後処理するシステムを利用することはできない。さらにまた、データを事後処理するシステムでは作図データベースに含まれている座標によって所定位置を特定し、次いで地表上の対応位置に新しい物理的標識を形成することができない。従来のアプローチを利用する用途でデータの事後処理に依存し、既存の物理的標識の位置を測定することを目的としている。このようなアプローチでは物理的標識を先ず形成し、次いでこの標識の位置を正確に測定する。（既存の物理的標識なしで）先ず作図データベース中に任意の標識を設定し、次いで対応の物理的標識を正確に形成することは不可能である。本発明にはこのような制約はなく、データベースに含まれる標識の位置座標から標識の物理的位置をリアルタイムで識別することを可能にする。

【0042】本発明を応用できる具体的な測量作業の多くは既存の物理的な位置標識を正確に測位すると共にデータベースに含まれている所定の位置から新しい物理的標識を形成できることを必要とする。これには建設及び建築現場に使用される位置標識、いわゆる囲い込み杭打ちが含まれる。所定位置は多くの場合建設設計図に記入されている。形成される位置標識の誤差は1～3センチメートルでなければならない。作図データベースから物理的位置標識を形成する伝統的な方法はセオドライトやEDM（電子測距）装置のような光学機械に依存する。新しい測量装置としてはセオドライトとEDM装置を組合せたトータルステーションがある。これらの方式の欠点は基準標識と新しい位置標識との間で見通しがきかなければならないことである。見通しがきかない場合には複数回の測定が必要となり、誤差が累積することになりかねない。

【0043】本発明ではSPS受信機内のクロックによって与えられる正確な既知時点において受信されるL1

及び/またはL2信号の搬送波位相を測定し、利用することにより差分測位における、即ち、標識の位置確定における最高の精度が達成される。測量のためのSPSデータ処理方法には、示差位置の計算に前記搬送波位相測定値だけを利用し、搬送波位相測定値の正確なタイムマークの計算にPRNコード位相測定値だけを利用するものがある。しかし、示差位置の計算にPRNコード位相測定値を搬送波位相測定値と共に使用する方法もある。この方法はアリソンの米国特許第5,148,179号に記載されている。同様の方法は参考のためその内容を本願明細書にも引用したハッチの米国特許第4,812,991号にも開示されている。これらの方法はすべて本発明に適用することができる。

【0044】示差位置の計算に搬送波位相測定値だけを利用する場合には問題が生ずる。この測定値はあいまいである。各衛星からの測定値は端数位相 ϕ ($0^\circ < \phi < 360^\circ$) + 追加整数個Nの位相全サイクルを含む。この整数個数または整数アンビギュイティはSPS受信機によって直接測定することはできない。

20 【0045】位相整数初期設定と呼ばれるプロセスを利用することにより当初未知であった位相整数アンビギュイティを明らかにする。1つのアプローチとしては相対位置が十分な精度で既に知られている標識に受信機を設置する。この相対位置は基線とも呼ばれ、(x, y, z)ベクトル成分によって画定される。他のアプローチとしては受信機を一時的に任意の標識に固設したままとし、静的測量方法を利用して位相整数を分解できるようにする。さらに他のアプローチとしては、互いに近接する任意の標識に設置された受信機間でアンテナを交換し、その際にアンテナ交換中も信号の受信を妨げないようにする。アリソン等の米国出願第07/999,099号に開示されているアプローチは固定基準受信機アンテナを中心に移動受信機アンテナを180°回転させる。同じ特許出願に開示されている他のアプローチは基準及び移動受信機アンテナと共に取付け具に組込んだ方位測定装置を利用する。

40 【0046】以上に述べた方法は原理的には位相整数を解明するため搬送波位相に依存する。このほかに整数を解明するために搬送波位相測定値とPRNコード位相測定値の組合せを利用する。このような方法はアリソンの米国特許第5,148,179号に記載されている。これらの方法は初期設定の過程において移動及び基準受信機を静止させておく必要がなく、このことは重要な利点であるといえる。以上に述べた初期設定法はいずれも本発明に適用できる。

50 【0047】位相整数アンビギュイティが解明されたら、搬送波位相測定値によって得られる最高精度で差分測位を行なうことができる。しかし、4個の衛星において信号クロックを維持できなければ、初期設定を繰返さねばならない可能性がある。

【0048】本発明は（地表上に設定された物理的標識の相対位置を測定するのに利用され、従って、応用範囲が限られている）動的測量を発展させ、移動受信機を基準受信機に対して所定位置へ移動させることを可能にする方法を提供する。位置は移動受信機のデータベース中に存在するだけの場合もあり、地表上にすでに対応の物理的標識が存在している場合も考えられる。もし物理的標識が未だ存在しない場合、移動受信機を所定位置へ移動させて必要な新しい物理的標識の位置を測定するのに利用すれば、物理的標識を容易に形成できる。本発明の方法によれば、基準受信機及び移動受信機の双方において収集される衛星搬送波位相データをリアルタイムで処理することができるから、移動受信機はその位置を数センチメートルの誤差でリアルタイム演算し、この情報を利用してユーザーを所定位置へ正確に誘導することができる。移動受信機は所定位置へのユーザー誘導を容易にするため電子表示装置を備えている。

【0049】既存の物理的位置標識は雪や砂あらしのような優勢な気象条件によって、あるいは土壌、岩石などの物体により意図に反して標識が覆われることによって場合によっては一時的に不鮮明になったり埋没したりするおそれがある。従って、新しい標識を形成する必要がない場合でも既存標識の測位がセンチメートル程度の精度を必要とすることがある。本発明の他の目的は搬送波位相測定値を処理することによってこのような精度を達成することになる。擬似距離測定値だけを利用するシステム、例えば（ラジオ テクニカル コミッション フォーザ マリタイム サービスズのザ RTCM スペシャル コミティー 104によって定義された）SPS擬似距離補正のためのRTCM 104差分標準を利用するシステムでは十分な精度を得られない。即ち、擬似距離測定値は搬送波位相測定値よりもそのノイズレベルがはるかに高く、測量及び建設活動への応用が制約されるからである。

【0050】本発明は基準受信機と移動受信機の間に見通しまたは視軸が得られなくても距離及び角度の測定と所定の座標による位置を識別を可能にする方法を提供する。従って、従来の光学測量装置を利用できない状況においてこの方法を利用することができる。この方法は基準受信機と移動受信機の間にも両受信機間の直線無線通信を必要とせず動作する適当な通信システムを含む。使用される装置は1名のオペレータが地表上の所定位置の確定及び／または測距及び測角をリアルタイムで容易に行なうことができるほど軽量かつポータブルである。

【0051】本発明によれば、衛星によって使用される基準座標系などのような任意の座標基準系で所定位置を画定することができる。衛星座標系の1列としてWGS 84測地座標系がある。ほかに局地平面座標系や、それぞれ特定の基準点を設定された測地座標系などがある。これら種々の座標系に適應するため、移動受信機は3-

または7-パラメータ座標変換をリアルタイムで行なうことができる。

【0052】

【実施例】図1は装置の好ましい実施例を示し、この実施例では複数の地球周回衛星から受信される無線信号を利用すると共に測点間通信用の無線モデムを利用することにより基準受信機に対する単数または複数の移動受信機（即ち、移動測点）の位置をリアルタイムで正確に測定でき、次いで地表上の所定場所へ移動受信機を正確に移動させることができる。位置は測定開始前に移動受信機のデータベース中に既に存在するが、後刻、基準受信機から移動受信機へ伝送してもよい。対応の物理的位置標識が地表上または地表の直ぐ下に既に存在していてもよく、この場合には本発明を利用してこのような標識を測位することができる。物理的標識が未だ存在しなくてもよく、この場合には標識の必要な位置を測定し、新しい物理的標識を形成することができる。これらの新しい標識は例えば道路や建物の設計図上の所定位置と対応すればよい。

20 【0053】最も簡単な形式では、本発明の装置が図1に示すように2個のSPS受信機13及び14だけを使用する。一方の受信機14が基準受信機であり、多くの場合この受信機は地球に対して固定される。ただし、基準受信機14の座標が時間上の既知関数なら基準受信機14が不動でなければならないという制約はない。他方の受信機13、即ち、移動受信機は基準受信機に対して移動する。本発明の装置は複数の基準及び移動受信機を含むように抗充することができる。

30 【0054】受信機13及び14のそれぞれは複数のSPS衛星からL1及び／またはL2搬送波信号を受信することができる。少なくとも4個の送信衛星15、17、19及び21が必要である。受信機13及び14のそれぞれは受信機から発生する正確なタイムマークにおいてL1及び／またはL2搬送波及びL1及び／またはL2擬似距離の測定を行なうことができる。

40 【0055】所定の位置を測位できるためには、先ず基準受信機に対する移動受信機の位置をリアルタイムで演算し、これを移動受信機に提供しなければならない。そのためには基準受信機と移動受信機との間に例えば無線結合のような適当な通信方法が必要である。基準受信機は（1）例えば基準受信機位置のような基準標識の位置；（2）観測される衛星からの搬送波位相測定値；（3）観測される衛星までの距離測定値；（4）新しい位相整数アンビギュイティの解明を必要とするロック及びサイクルスリップの信号損失を示す情報；及び（5）基準受信機に関する状態情報、例えば、バッテリーチャージ状態を含むデータを送信しなければならない。衛星の位置は衛星から送信される天文暦を利用して移動受信機内で再構成することができるから、基準受信機は演算した衛星位置を送信しなくてもよい。（例えば、移動受

17

信機によって送信され、基準受信機において受信される位置情報を利用して移動受信機の現在位置を追跡するための) 相互通信は任意であるが、移動受信機が基準受信機へ返信する必要もない。片方向通信を採用すれば移動受信機の構成が簡単になり、受信はするが送信はしない、受動的受信機となる。

【0056】無線結合の帯域幅は基準受信機のデータ率に対応できる値でなければならない。本発明の必要条件を満たす無線通信システムの1例としてトリプル ナビゲーション リミテッドの製品であるTRIMTALK 900無線モデムシステムがある。このような無線モデムは900MHz 付近の帯域において時分割多重アクセス(TDMA)との組合わせたコード分割多重アクセス(CDMA)を利用して広スペクトル信号を送信する。TDMAは後述するように複数の無線モデムと無線レピータとの間の信号分離を可能にする。この無線モデムシステムは米国内ではライセンスを必要としない。米国外での作業には異なる無線モデムが必要となる場合がある。無線モデムの伝送周波数は充分な帯域幅を利用できるなら重要ではない。同様に、変調の形式も重要ではない。即ち、種の変調形式及び伝送周波数を採用するその他のタイプの無線モデムも使用できる。無線モデムの代わりに独立の衛星通信リンクを利用することも可能である。

【0057】単一の(基準受信機における)送信機及び(移動受信機における)受信機ならば直接的な無線通信を必要とする。しかし、TRIMTALK 900システムは多数の無線レピータで動作するように構成することができる。レピータは基準受信機からの信号を有効に受信し、再送信する。レピータで動作するように構成した場合、TRIMTALK 900は信号分離のために時分割多重アクセス(TDMA)を採用する。異なる標高に単数または複数のレピータのを設置することができる。基準測点と第1レピータの間、及び移動測点と第2レピータの間でそれぞれ無線通信が行なわれる。場合によっては第1及び第2レピータが同一のレピータであってもよい。必要に応じて第1及び第2レピータの間に多数の中間レピータを設けることによって基準受信機と移動受信機との直接的な無線通信を不要にすることができる。このことは多様な作業条件下で、例えば、建築工事現場で、または局地的な地形条件や局地的な気象条件(例えば雪や砂あらし)によって無線通信が妨げられる場所で極めて有利である。

【0058】基準受信機14において得られた測定値はデータ圧縮アルゴリズム(任意)を利用して書式化し、基準受信機と接続する無線モデムを介して送信され、移動受信機13と接続する他の無線モデムによって受信される。既に述べたように、移動受信機13への基準受信機測定データ送信を助けるため、任意に単数または複数の信号レピータ31を使用してもよい。両受信機13及

18

び14間の直接的な無線接触は不要である。測定は任意のタイムインターバルで、例えば毎秒1回ずつ行えばよい。データを書式化する圧縮アルゴリズムは各タイムインターバルにおける伝送データ量を縮小する。その結果、必要な伝送速度(ボー)が、従って、必要な伝送帯域幅が小さくなる。

【0059】圧縮アルゴリズムは衛星測定値を既知スケール値で固定小数点2進数としてコード化する。このスケール値は移動受信機13内で圧縮データをデコードするために使用され、移動受信機内に記憶されているデコーディングアルゴリズムによって認識される。擬似距離測定値変化率(メートル/秒)と搬送波位相測定値変化率(メートル/秒×信号波長)とが極めて似ていることを認識することによってデータをさらに圧縮することができる。この変化率差に影響を及ぼすのは大きさは同じであるが符号が反対の擬似距離群遅延及び搬送波位相遅延を発生させる電離層遅延効果だけである。これら基本的な衛星信号測定値の変化率は互いに似ているから、一方の測定値を他方の測定値からのオフセットとしてコード化する。このオフセット値のサイズは小さく、電離層遅延率に応じた変化、従って、オフセットは小さいデータ語サイズ(ビット)で表すことができる。

【0060】基準受信機14が算出された衛星位置をコード化したり送信したりしなくてもよいように構成すればさらに圧縮を進めることができる。即ち、衛星から送信される天文暦を利用して移動受信機が前記衛星位置を再構成する。衛星の位置及び速度を利用することにより、基準受信機と移動受信機との間の信号位相受信時間差を考慮に入れる。

【0061】圧縮アルゴリズムを使用するのが好ましいが、データ伝送速度及び帯域幅を増大させれば圧縮されていないフォーマットのままでデータを伝送することも可能である。圧縮されていないASC_フォーマットのデータを利用することができる。

【0062】基準受信機14は充分な精度で位置が既知である基準標識上に設置されたSPSアンテナ33と接続している。このアンテナの基準標識からの高さが基準受信機アンテナ位置と一緒に記録され、基準測点モデム27によって送信される衛星測定情報に加えられる。

【0063】移動受信機13は図2に詳細を示す測程37のような支持体に装着されたSPSアンテナ35と接続している。測程37を利用して所定の測量場所などを測位する。測程37は測程を正しく垂直に建てるために局地的な垂直方向を指示する泡準器など39を備えていることが好ましい。磁北からの角変位または測程37と地表の交差点を通過する水平線の真北方向を指示するコンパスまたはその他の方向指示手段41を測程37に組込んでよい。移動受信機13には小型測量コントローラ45をも取付けてある。本発明の必要条件を満たす小型コンピュータはトリプル ナビゲーション リミテ

ッドの製品TDC(トリプル データコントローラ) サーバー コントローラである。このコンピュータは8×20文字図形表示部を含み、充分軽量であり、単一ケーブルを介して移動受信機と接続している。このケーブルは電力を供給すると共にデータ通信路としても機能する。ほかに小型コンピュータとしては最近普及しつつあるペン入力方式のコンピュータも使用できる。TDCは移動受信機が到達しなければならない所定の位置のデータベースを内蔵している。このデータベースは測量に先立ってロードしてもよいし、上記基準/移動受信機TRIMTALK 900無線リンクを介してリアルタイムで更新してもよい。

【0064】コントローラ45にはユーザーを必要な測量位置へ誘導するための図形表示部51を組込んでよい。移動受信機アンテナ35の地上高(即ち、測程37の高さ)を記録し、コントローラ45に入力する。本発明を利用すればひとりのオペレータが所定の位置座標によって画定される新しい標識位置を測位するか、あるいは基準受信機14の既知位置に対する移動受信機13の差位置を利用することによって既存標識を測距することができる。

【0065】小型測量コントローラ45は識別すべき所定の測量または建設場所のリストなどの作図データベースを有するソフトウェアを含む。測量/建設場所に対応する物理的標識が地表上に存在してもよいし、存在していなくてもよい。前記データベースは無線モデムを介して基準受信機14から移動受信機13へ伝送される追加情報に基づいて更新することができる。データベースは図3に示すようなコントローラ45のキーボード、ペン、タブレットまたはその他のデータ入力手段47によって現場で更新することもできる。

【0066】所定の測量/建設場所は任意の座標系によって画定することができる。GPS衛星システムはWGS 84測地基準座標系を使用している。しかし、多くの測量においてはこれとは異なる座標系、例えば、局地平面座標系、トランスバース・メルカトル座標系、ランベルト正角円錐座標系、又はNAD 83またはNAD 27基準に基づく測地基準座標系が使用される。移動受信機の移動目標である所定場所は上記座標系またはその他の座標系のいずれか1つで規定すればよい。従って、移動受信機初期位置は衛星に基づくWGS 84基準座標系を利用して演算すればよいが、任意の座標系で規定されている位置へ移動受信機を移動させるためにはTDC測量コントローラによって3-パラメータまたは7-パラメータ座標変換をリアルタイムで計算する必要がある。

【0067】基準及び移動受信機は単数または複数の移動受信機と基準受信機との相対位置をリアルタイムで正確に測定することを可能にするGPSまたはGLONASS信号のようなSPS信号からのL1及び/またはL

2信号を受信し、処理する。示差位置、基線ベクトルまたは基線とも呼ばれる相対位置は地心固定座標系のベクトル成分として表現するか、またはその他の座標系に翻訳することができる。

【0068】基準及び移動受信機の双方によって受信されるL1及び/またはL2周波数搬送波位相の測定値を利用する。もし双方の周波数を同時に利用すれば、L1及びL2搬送波位相測定値の線形組合せを形成することができる。差分測位法においては、L1擬似距離またはL2擬似距離の測定値は直接必要ではなく、初期設定(整数アンビギュイティの計算)を助けるために利用することができる。初期設定(整数アンビギュイティの計算)を必要としない比較的精度の低い測位にも利用することができる。初期設定後の測位誤差は約1~3センチメートルである。初期設定を省略した場合、測位誤差は約50~100センチメートルに増大する。測位精度が比較的低くても間に合うのは不鮮明になったり覆われたりしていない既存の物理的位置標識を測位する場合である。

【0069】L1搬送波位相の測定値だけを利用するにしても、L2搬送波位相の測定値だけを利用するにしても、L1及びL2搬送波位相の線形組合せを利用するにしても、これらの測定値は1990年9月にコロラド州コロラドスプリング市で開催された航法学会衛星部会の第3回国際技術会議においてM. T. アリソン、D. ファーアー、G. レネン及びK. マーティンが発表した”ア ジオデティックサーバー レシーバー ウィズ アップ トゥ 12 L1 C/Aコードチャネルズ、アンド 12 L2 セウド-P-コード チャネルズ”に記載されているようなチャンネル構成を利用する受信機によって得られる。あるいは受信される衛星信号ごとに独立のL2 P-コードチャンネルを有するか、または受信される衛星ごとに独立のL1 P-コードチャンネルを有する受信機を使用することもできる。このような受信機の1例として、1992年7月に発売されるカリフォルニア州サニーベール市 トリプル ナビゲーション リミテッドの製品モデル 4000 SS E ジオデティック サーバー レシーバーがある。

【0070】整数アンビギュイティは種々の方法で求めることができる。例えば、静的測量を利用してあらかじめ測定されている既知位置に基準及び移動受信機をそれぞれ配置すればよい。他のアプローチとしては、アリソン等の米国特許出願第07/999,099号に開示されている3つの方法のうちの1つを利用する。アンテナ交換法を利用することもできる。これらの方法はいずれも位相整数アンビギュイティを求める際に基準及び移動受信機アンテナを物理的に接近させる必要がある。アリソンの米国特許第5,148,179号に開示されている方法を利用することもできる。この方法の利点は初期設定の過程で移動及び基準受信機を相対的に静止させる

21

必要も物理的に接近させる必要もないことである。

【0071】位相整数アンビギュイティが解明されたら、位相測定値が位相整数と共にあいまいさのない二重差測定値を形成する。この二重差測定値が衛星の天文暦を利用した衛星位置計算値及び基準受信機の十分な精度の絶対位置と共に差分位置の計算に必要な情報を形成する。次いで最小二乗法またはカルマン・フィルタ法を利用することによって両受信機間の差分位置（基線ベクトル）を計算する。整数アンビギュイティの算出を伴う場合と伴わない場合（その分だけ精度が落ちる）の適当な差分位置計算方法はアリソンの米国特許第5, 148, 179号に記述されている。

【0072】図形または可視表示部51（任意、図3）を含む小型測量コントローラ45が移動受信機13に取付けてある。コントローラ45はユーザーによる所定位置選択を可能にする例えばキーボードまたはその他のデータ入力手段47のユーザー・インターフェースを提供すると共に、ユーザーを所要の位置へ容易に誘導するための後述する機能をもっている。コントローラ45を移動受信機13に組込んで移動受信機をコントローラに組込んでよい。いずれの場合にも、衛星への見通しが妨げられないようにSPSアンテナを配置するように留意しなければならない。本発明の必要条件を満たす小型コンピュータは上記TDC（トリプルデータコレクター）サーベークントローラーである。

【0073】基準受信機によって得られた衛星測定値は上記TRIMTALK 900無線モデムを介して移動受信機へ伝送される。この測定値を移動受信機によって得られた同様の測定値と一緒に移動受信機に組込まれたコンピュータで処理することにより、基準受信機に対する移動受信機の正確な位置を求めることができる。この計算はTDC測量コントローラ内で行なうこともでき、移動受信機またはTDC測量コントローラに別の計算装置を取付けてもよい。

【0074】移動受信機13は例えば三脚、二脚架または測桿37のような適当な装置に取付けたSPSアンテナ35を含む。算定された移動受信機位置はSPSアンテナ35の位相中心の位置である。SPSアンテナ35の地表からの高さ公知なら（例えば、測桿の高さ）、この情報を利用することによって測桿の基部の位置を計算し、これを利用して所定位置を測位することができる。測桿37に組込まれた、例えば図2に示す泡準器39のような水準器を利用して測桿37を正しく設置する。アンテナの高さはTDC測量コントローラ45の入力信号であり、アンテナ位置をTDCまたは移動受信機によって測桿基部位置に換算する。

【0075】図3に示すTDC図形表示部51を利用することにより、以下に目的位置と呼線する所定位置へユーザーを誘導する。ユーザー位置（移動受信機のSPSアンテナ位置）の動画像がユーザーの移動目的位置指示と

22

共に得られる。即ち、現在位置と目的位置を指示する電子マップが得られる。ユーザーの現在位置から目的位置までの距離がこの両位置間の必要な方法と共に表示される。ユーザーが移動を開始すると、ユーザーがたどる地上コースの方向（方位）が計算され、TDC表示部はユーザーを目的位置へのコース上に位置させるのに必要な前記方向に対する補正を指示することができる。

【0076】有効な誘導装置を提供するには高いTDC表示更新速度が必要であり、そのためにはリアルタイムでの相対位置測定速度が高くなければならない。毎秒1回の位置計算で充分であるが、もっと高速であることが好ましい。ユーザーが目的位置に近い時には高速であることが特に重要であり、所定の目的位置を正確に選定するため移動受信機アンテナの最終的な細かい移動が行なわれる。高速で計算することによって、測桿37とこれに対応するTDC図形表示部51の移動表示との間の応答速度が高められる。具体的にはハンドアイ調整しながらフィードバックループを作用させる。

【0077】図3に示すようにコントローラ45または移動受信機13に図形表示ユーザーインターフェース51を設けるのが好ましい誘導方法である。ただし簡単な文字インターフェースを使用することもできる。この場合にはユーザーが目的位置への正しいコースを設定できるように距離と方位が指示される。

【0078】目的位置に到達するための可聴指令を指供する可聴誘導システムを使用することもできる。この場合には誘導情報または指令を種々の周波数及び/または長さの音声としてコード化すればよい。誘導情報または指令は合成音を含むことができる。

【0079】移動受信機アンテナを最終的に所定場所に位置ざめする作業を容易にするために（任意に）他の装置を利用してもよい。アンテナが所定場所に極めて接近していることをTDC図形表示が指示したらアンテナを静止させる。この時点でTDCは測桿から目的位置までの最終的な距離オフセット及び方位を指示する。ここで磁気コンパス63を組込んである目盛棒61を測桿の基部に配置し、測桿の現在位置からの目的位置の方向と整列する向きにする。次いで測桿を図4に示すように、目盛棒に沿って指示された距離オフセットに相当する量だけ移動させればよい。この方法は測桿位置を1回だけ最終変更するだけで測桿基部を目的位置と整合させ、目的位置を探し回る必要を省く。移動受信機によって提供される方位情報の精度は計算されたアンテナ位置の精度及びアンテナ位置から目的位置までの距離によって決定され、方位精度はこの距離が短いほど低下する。従って、目盛棒を利用する最終位置更新前の距離オフセットは例えば1メートルというようになり大きくなければならない。

【0080】方位測定装置を測桿または（測桿に取付けられた）TDCに組込んでよい。適当な装置として

は、磁北からの方位を電子的に測定し、この情報をTDCに入力することのできるフラックスゲートコンパスがある。TDCは測桿及び移動受信機SPSアンテナが静止状態であっても（方位装置を組込まれている）測桿の現在配向に対する目的位置の方向を計算し、表示することができる。

【0081】さらに有用な方法として、移動受信機アンテナが所定場所からの規定距離、例えば、10メートル以内に位置することを移動受信機が感知したら、自動的にまたはユーザーの指令で図形表示ユーザーインターフェース上に表示される像の目盛を拡大し、インターフェース上に新しい距離目盛が表示されるようにしてもよい。

【0082】

【発明の効果】本発明は（地表上に設定された物理的標識の相対位置を測定するのに利用され、従って、応用範囲が限られている）動的測定を進展させ、移動受信機を基準受信機に対して所定位置へ移動させることを可能にする方法を提供する。位置は移動受信機のデータベース中に存在するだけの場合もあり、地表上にすでに対応の物理的標識が存在している場合も考えられる。もし物理的標識が未だ存在しない場合、移動受信機を所定位置へ移動させて必要な新しい物理的標識の位置を測定するのに利用すれば、物理的標識を容易に形成できる。本発明の方法によれば、基準受信機及び移動受信機の双方において収集される衛星搬送波位相データをリアルタイムで処理することができるから、移動受信機はその位置を数センチメートルの誤差でリアルタイム演算し、この情報を利用してユーザーを所定位置へ正確に誘導することができる。移動受信機は所定位置へのユーザー誘導を容易にするため電子表示装置を備えている。本発明は基準受信機と移動受信機の間に見通しまたは視軸が得られなくても距離及び角度の測定と所定の座標による位置を識別

を可能にする方法を提供する。従って、従来の光学測量装置を利用できない状況においてこの方法を利用することができる。この方法は基準受信機と移動受信機の間にも両受信機間の直線無線通信を必要とせず動作する適当な通信システムを含む。使用される装置は1名のオペレータが地表上の所定位置の確定及び／または測距及び測角をリアルタイムで容易に行なうことができるほど軽量かつポータブルである。本発明によれば、衛星によって使用される基準座標系などのような任意の座標基準系で所定位置を画定することができる。衛星座標系の1列としてWGS 84測地座標系がある。ほかに局地平面座標系や、それぞれ特定の基準点を設定された測地座標系などがある。これら種々の座標系に適應するため、移動受信機は3-または7-パラメータ座標変換をリアルタイムで行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】SPS信号受信機及び衛星を利用する本発明に使用される装置の動作を示す模式図。

【図2】本発明の実施例による移動受信機用測桿の使用法説明図。

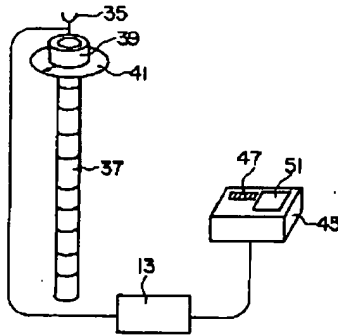
【図3】本発明のSPS移動受信機に随意設けることのできるグラフィックユーザーインターフェースまたは可視表示部の簡略図。

【図4】本発明による所定位置を識別を容易にするための測程及び長さ目盛付きのステックまたはロッドの利用を示す説明図。

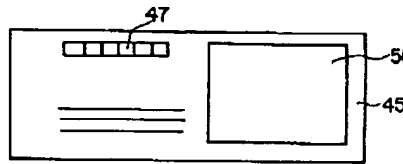
【符号の説明】

- 13 移動受信機
- 14 基準受信機
- 30 33 SPSアンテナ
- 35 SPSアンテナ
- 37 測桿
- 45 コントローラ

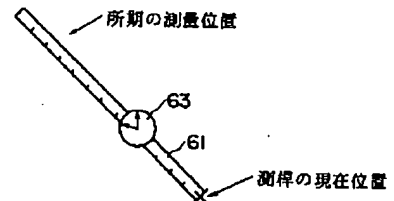
【図2】



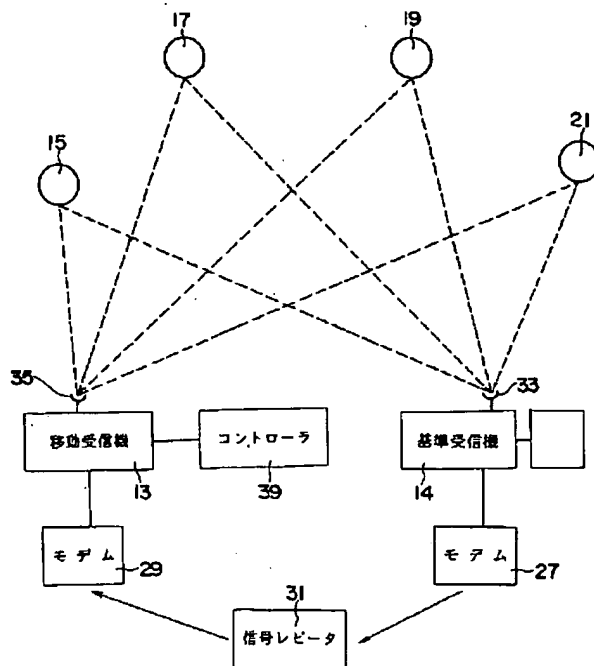
【図3】



【図4】



【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 マーク、ニコラス
 アメリカ合衆国、94086 カリフォルニア
 サニーベイル ノース メリー アベニ
 ュー 645、トリンプル ナビゲーション
 リミテッド内

(72)発明者 ジム、ソーデン
 アメリカ合衆国、94086 カリフォルニア
 サニーベイル ノース メリー アベニ
 ュー 645、トリンプル ナビゲーション
 リミテッド内